

HUBUNGAN KALSIUM DENGAN RICKETSIA, OSTEOMALACIA DAN OSTEOARTHRITIS

Cica Yulia, Sri Darningsih

Pendahuluan

Kalsium merupakan unsur penting untuk kekuatan tulang dan gigi dan terdapat banyak pada sayuran berdaun hijau atau kacang-kacangan. Mengonsumsi vitamin D juga akan sangat membantu dalam penyerapan kalsium. Sedangkan untuk pemenuhan vitamin dan mineral, sangat mudah untuk dipenuhi oleh makanan yang berasal dari sayuran dan buah-buahan.

Kalsium adalah mineral yang amat penting bagi manusia, antara lain bagi metabolisme tubuh, penghubung antar syaraf, kerja jantung, dan pergerakan otot.

Setelah umur 20 tahun, tubuh manusia akan mulai mengalami kekurangan kalsium sebanyak 1% per tahun. Dan setelah umur 50 tahun, jumlah kandungan kalsium dalam tubuh akan menyusut sebanyak 30%. Kehilangan akan mencapai 50% ketika mencapai umur 70 tahun dan seterusnya mengalami masalah kekurangan kalsium.

Mengonsumsi kalsium dalam jumlah yang cukup sangat efektif, terutama sebelum tercapainya kepadatan tulang maksimal (sekitar umur 30 tahun). Minum 2 gelas susu dan tambahan vitamin D setiap hari, bisa meningkatkan kepadatan tulang pada wanita setengah baya yang sebelumnya tidak mendapatkan cukup kalsium. Sebaiknya semua wanita minum tablet kalsium setiap hari, dosis harian yang dianjurkan adalah 1,5 gram kalsium.

Asupan kalsium biasanya diperoleh dari susu, keju, ikan, daging, telur, kacang-kacangan, dan sayuran. Sesuai saran US Dietary Reference intake (US DRIs) 2002, kebutuhan kalsium harian pada usia anak sebesar 500 - 1.300 mg, sedangkan usia 19 - 50 tahun mencapai 1.000. Bagi usia di atas 50 tahun, asupan kalsium yang dibutuhkan lebih tinggi, sebanyak 1.200 mg. Namun, konsumsi kalsium masyarakat Indonesia saat ini baru mencapai 254 mg per hari.

Kekurangan kalsium biasanya dihubungkan dengan berbagai macam penyakit tulang diantaranya yaitu :

1. Osteolisis

Hancurnya tulang yang mungkin disebabkan oleh trauma atau kecelakaan berat dan juga mungkin disebabkan adanya kanker yang mengenai tulang.

2. Osteomalacia

Gangguan pembentukan tulang sehingga tulang lembek dan lunak. Orang yang terkena biasanya mempunyai ciri-ciri kaki bengkok, tulang punggung memendek dan tulang pinggul pipih. Gangguan ini disebabkan oleh kurangnya asupan kalsium dan vit.D3 serta kurangnya berjemur di sinar matahari

3. Osteoarthritis

Gangguan yang ditandai dengan menipisnya tulang rawan yang ada di persendian, sehingga mengganggu gerak persendian

4. RheumatoidArthritis

Penyakit rematik yang juga bisa menyerang tulang dan persendian

5. Osteopenia

Suatu keadaan dimana terjadi penurunan massa tulang, suatu keadaan atau gejala awal terjadinya osteoporosis

6. Osteoporosis

Suatu penyakit kelainan pada tulang yang ditandai dengan menurunnya massa tulang, kerusakan tubuh atau arsitektur tulang sehingga tulang mudah patah.

Pada kesempatan pembuatan makalah kali ini, kelompok kami akan coba membahas mengenai Kalsium hubungan dengan penyakit Ricketsia, Osteomalacia dan Osteoarthritis.

Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan makalah ini adalah :

1. Mengetahui Definisi dari Kalsium.
2. Mengetahui Fungsi Kalsium
3. Mengetahui Kebutuhan dan Sumber Kalsium
4. Mengetahui Hubungan Kalsium dengan Rickets.
5. Mengetahui Hubungan Kalsium dengan Osteomalacia
6. Mengetahui Hubungan Kalsium dengan Osteoarthritis

Definisi Kalsium

Kalsium berasal dari bahasa Latin *calcium* adalah unsur dasar kapur dan memiliki simbol Ca. Kalsium adalah mineral yang amat penting bagi manusia, antara lain bagi metabolisme tubuh, penghubung antar syaraf, kerja jantung, dan pergerakan otot. (www.wikipedia.org). Sedangkan menurut Mahan Kathleen (2000) kalsium adalah mineral yang sangat penting dalam tubuh, terbentuk dari 1,5 sampai 2 % dari berat badan dan 39 % dari total mineral tubuh. Diperkirakan 99 % dari kalsium terdapat pada tulang dan gigi. Kalsium tulang berada dalam keadaan seimbang dengan kalsium plasma pada konsentrasi kurang lebih 2,25 – 2,60 mmol/l (9-10,4 mg/dl). Densitas tulang berbeda menurut umur, meningkat pada bagian pertama kehidupan dan menurun secara berangsur setelah dewasa. Selebihnya kalsium tersebar luas didalam tubuh. Didalam cairan ekstra seluler dan intraseluler kalsium memegang peranan penting dalam mengatur fungsi sel, seperti untuk transmisi saraf, kontraksi otot, penggumpalan darah, dan menjaga permeabilitas membran sel. Kalsium mengatur kerja hormon-hormon dan faktor pertumbuhan.

Kalsium merupakan unsur penting untuk kekuatan tulang dan gigi dan terdapat banyak pada sayuran berdaun hijau atau kacang-kacangan. Mengonsumsi vitamin D juga akan sangat membantu dalam penyerapan kalsium. Sedangkan untuk pemenuhan vitamin dan mineral, sangat mudah untuk dipenuhi oleh makanan yang berasal dari sayuran dan buah-buahan.

Fungsi Kalsium dalam tubuh

Kalsium mempunyai berbagai fungsi dalam tubuh diantaranya Pembentukan Tulang dan Gigi.

a. Pembentukan Tulang. Kalsium di dalam tulang mempunyai dua fungsi : a). sebagai bagian integral dari struktur tulang; b). sebagai tempat penyimpanan kalsium. Pada tahap pertumbuhan janin dibentuk matriks sebagai cikal bakal tulang tubuh. Bentuknya sama dengan tulang tetapi masih lunak dan lentur hingga setelah lahir. Matriks yang merupakan sepertiga bagian dari tulang terdiri atas serabut yang terbuat dari protein kolagen yang diselubungi oleh bahan gelatin. Segera setelah lahir, matriks mulai menguat melalui proses

kalsifikasi, yaitu terbentuknya kristal mineral. Kristal ini terdiri dari kalsium fosfat atau kombinasi kalsium fosfat dan kalsium hidroksida yang dinamakan hidroksiapatit. ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$). Karena kalsium dan fosfor merupakan mineral utama dalam ikatan ini, keduanya harus berada dalam jumlah yang cukup di dalam cairan yang mengelilingi matriks tulang. Batang tulang yang merupakan bagian keras matriks, mengandung kalsium, fosfor, magnesium, seng, magnesium, natrium karbonat, dan flour disamping hidroksiapatit.

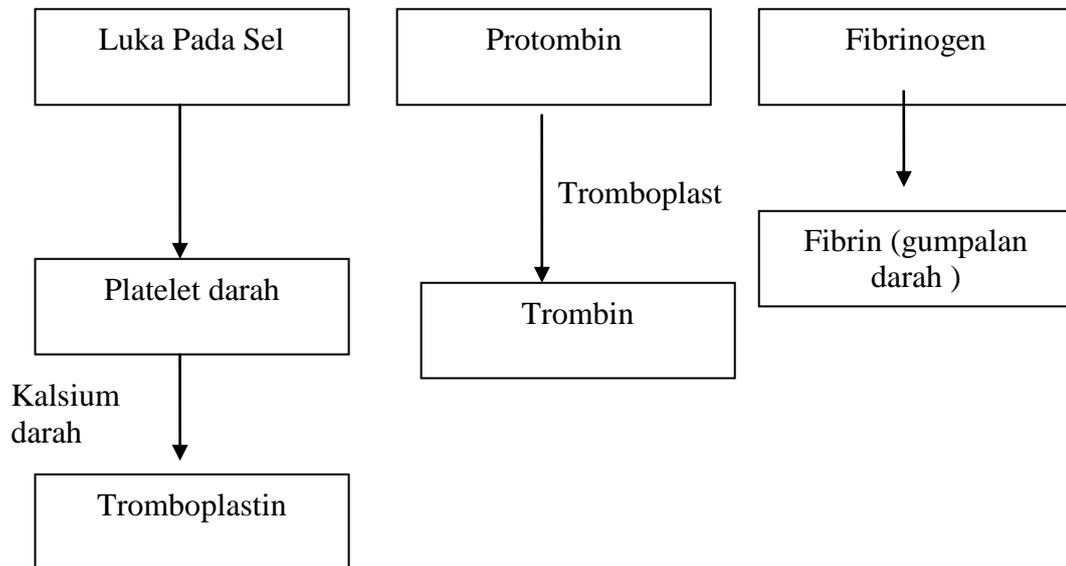
Selama pertumbuhan, proses kalsifikasi berlangsung terus dengan cepat sehingga pada saat anak siap untuk berjalan tulang-tulang dapat menyangga berat tubuh. Pada ujung tulang panjang ada bagian yang berpori yang dinamakan *trabekula*. Yang menyediakan suplai kalsium siap pakai guna mempertahankan konsentrasi kalsium normal dalam darah. Selama kehidupan, tulang senantiasa mengalami perubahan, baik dalam bentuk maupun kepadatan, sesuai dengan usia dan perubahan berat badan.

- b. Pembentukan gigi. Mineral yang membentuk dentin dan email yang merupakan bagian tengah dan luar dari gigi adalah mineral yang sama dengan yang membentuk tulang. Akan tetapi kristal dalam gigi lebih padat dan kadar airnya lebih rendah. Protein dalam email gigi adalah keratin, sedangkan dalam dentin adalah kolagen. Berbeda dengan tulang, gigi sedikit sekali mengalami perubahan setelah muncul dalam rongga mulut. Pertukaran antara kalsium gigi dan kalsium tubuh berlangsung lambat dan terbatas pada kalsium yang terdapat didalam lapisan dentin. Sedikit pertukaran kalsium mungkin juga terjadi di antara lapisan email dan ludah.

Kalsifikasi gigi susu terjadi pada minggu ke dua puluh tahap janin dan selesai sebelum gigi keluar. Gigi permanen mulai mengalami kalsifikasi ketika anak berumur delapan tahun hingga sepuluh tahun. Gigi lengkap pada usia dewasa hanya mengandung 1% jumlah kalsium tubuh. Gigi boleh dikatakan tidak mampu memperbaiki diri setelah keluar dari rongga mulut. Kekurangan kalsium selama masa pembentukan gigi dapat menyebabkan kerentanan terhadap kerusakan gigi.

- c. Mengatur pembekuan darah. Bila terjadi luka, ion kalsium didalam darah merangsang pembebasan fosfolipida tromboplastin dari platelet darah yang

terluka. Tromboplastin ini mengkatalisis perubahan protrombin, bagian darah normal, menjadi trombin. Trombin kemudian membantu perubahan fibrinogen, bagian lain dari darah, menjadi fibrin yang merupakan gumpalan darah.



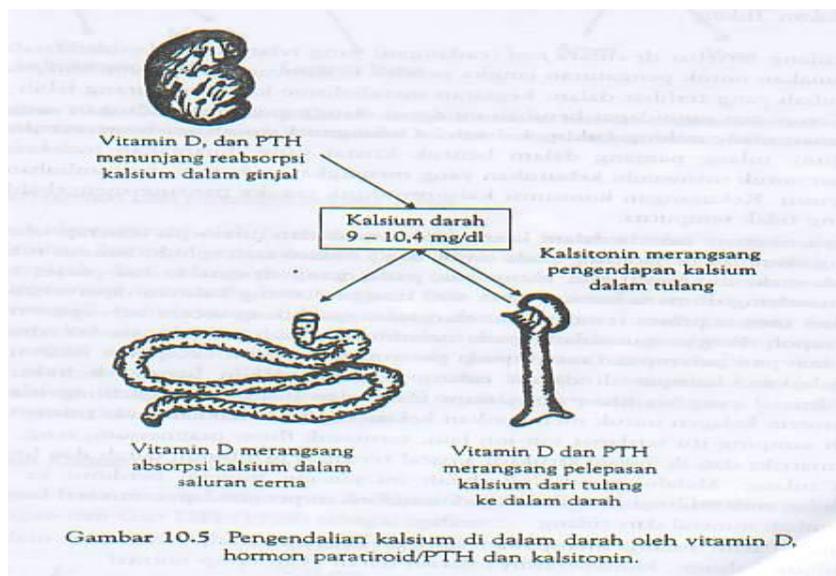
Gambar 1 :Skema Peranan kalsium dalam penggumpalan darah
Sumber : Almatier (2003)

- d. Katalisator Reaksi-reaksi biologik. Kalsium berfungsi sebagai katalisator berbagai reaksi biologik., seperti absorpsi vitamin B12 tindakan emzim pemecah lemak, lipase pankreas, eksresi insulin oleh pankreas, pembentukan dan pemecahan asetilkolin, yaitu bahan yang diperlukan dalam memindahkan (transmisi) suatu rangsangan dari suatu serabut saraf ke serabut saraf lainnya. Kalsium yang diperlukan untuk mengkatalisis reaksi-reaksi ini diambil dari persediaan kalsium dalam tubuh.
- e. Kontraksi Otot. Pada waktu otot berkontraksi, kalsium berperan dalam interaksi protein di dalam otot, yaitu aktin dan miosin. Bila darah kalsium kurang dari normal, otot tidak bisa mengendor sesudah kontraksi. Tubuh akan kaku dan dapat menimbulkan kejang. Fungsi kalsium lainnya adalah meningkatkan fungsi transport membran sel, kemungkinan dengan bertindak sebagai stabilisator membran, dan transmisi ion melalui membran organel sel.

Pengendalian Kalsium dalam Darah

Kalsium di dalam serum berada dalam tiga bentuk yaitu bentuk ion bebas (50%), bentuk anion kompleks terikat dengan fosfat, bikarbonat atau sitrat (5%), dan bentuk terikat dengan protein terutama dengan albumin atau globulin (45%). Jumlah kalsium di dalam serum dijaga agar berada pada konsentrasi 9-10,4 mg/dl. Yang mengatur konsentrasi kalsium dalam cairan tubuh ini adalah hormon-hormon paratiroid (PTH) dan tirokalsitonin dari kelenjar tiroid serta vitamin D. Hormon paratiroid dan vitamin D meningkatkan kalsium darah dengan cara sebagai berikut :

- Vitamin D merangsang absorpsi kalsium oleh saluran cerna.
- Vitamin D dan hormon paratiroid merangsang pelepasan kalsium dari tulang ke dalam darah.
- Vitamin D dan hormon paratiroid menunjang reabsorpsi kalsium di dalam ginjal.



Gambar 2 : Pengendalian kalsium dalam darah oleh vitamin D, Hormon Paratiroid dan Kalsitonin
Sumber : Almatier (2003)

Pengaruh kalsitonin diduga terjadi dengan cara merangsang pengendapan kalsium pada tulang. Hal ini terjadi dalam keadaan stress, seperti pada masa pertumbuhan dan kehamilan. Dalam hal ini kalsitonin menurunkan kalsium

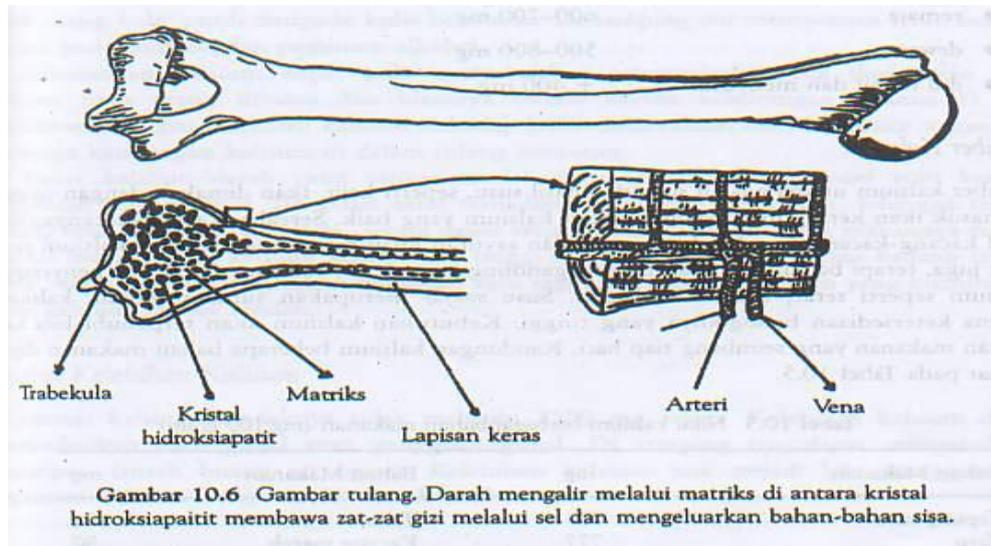
darah. Bila darah kalsium terlalu rendah, kelenjar paratiroid mengeluarkan hormon paratiroid. Sistem pengendali kalsium ini akan menjaga kalsium darah dalam keadaan normal. Bila terjadi kegagalan dalam sistem pengendalian, kalsium darah akan berubah. Bila kalsium darah lebih tinggi dari normal akan terjadi kekakuan otot. Sebaliknya, bila kalsium darah lebih rendah dari normal, akan terjadi kjang otot. Kegagalan sistem ini tidak disebabkan kekurangan atau kelebihan kalsium dari makanan, akan tetapi kekurangan vitamin D atau gangguan sekresi hormon-hormon yang berperan.

Pengendalian Kalsium dalam Tulang

Kalsium tulang tersebar diantara pool (cadangan) yang relatif tidak berubah/stabil dan tidak dapat digunakan untuk pengaturan jangka pendek keseimbangan kalsium, dan pool yang cepat dapat berubah yang terlibat dalam kegiatan metabolisme kalsium (kurang lebih 1% kalsium tulang). Komponen yang dapat berubah ini dapat dianggap sebagai cadangan yang menumpuk bila makanan mengandung cukup kalsium. Cadangan kalsium ini terutama disimpan pada bagian ujung tulang panjang dalam bentuk kristal yang dinamakan *Trabekula* dan dapat dimobilisasi untuk memenuhi kebutuhan yang meningkat pada masa pertumbuhan, kehamilan, dan menyusui. Kekurangan konsumsi kalsium untuk jangka panjang menyebabkan struktur tulang yang tidak sempurna.

Tulang sementara berada dalam keadaan dibentuk dan diresorpsi (diserap kembali). Aspek mana yang dominan bergantung pada umur dan keadaan faali tubuh. Sistesis tulang dominan pada anak-anak, ibu hamil dan menyusui, pada orang dewasa, kedua proses ini berada dalam keadaan seimbang dimana kurang lebih 600 hingga 700 mg kalsium dipertukarkan setiap hari. Pada proses menua, proses resorpsi dominan hingga tulang secara berangsur menyusut dan menjadi rapuh. Penyusutan tulang pada umumnya terjadi pada usia 50 tahun, baik pada laki-laki maupun perempuan tetapi pada perempuan dengan kecepatan lebih tinggi. Seperti telah dijelaskan diatas, kalsium didalam tulang terdapat dalam bentuk hidroksiapatit, suatu struktur kristal yang terdiri dari kalsium fosfat dan disusun disekeliling matrik organik berupa protein kolagen untuk memberikan

kekuatan pada tulang. Disamping itu terdapat ion-ion lain, termasuk flour, magnesium, seng, dan natrium. Melalui matriks dan diantar struktur kristal terdapat pembuluh darah dan linfe, saraf, dan sumsum tulang. Melalui pembuluh darah ini ion-ion mineral berdifusi kedalam cairan ekstraseluler, mengelilingi kristal dan memungkinkan pengendapan mineral baru atau penyerapan kembali mineral dari tulang. Kalsium dalam tulang merupakan sumber kalsium darah. Walaupun makanan kurang mengandung kalsium, konsentrasinya dalam darah akan tetap normal.



Gambar 3 : Tulang. Darah mengalir melalui matriks diantara kristal hidroksiapatit membawa zat-zat gizi melalui sel dan mengeluarkan bahan-bahan sisa
 Sumber : Almtsier.2003

Absorpsi dan Eksresi Kalsium

Dalam keadaan normal sebanyak 30-50 % kalsium yang dikonsumsi diabsorpsi tubuh. Kemampuan absorpsi lebih tinggi pada masa pertumbuhan dan menurun pada proses menua. Kemampuan absorpsi laki-laki lebih tinggi dari pada perempuan pada semua golongan umur. Absorpsi kalsium terutama terjadi di bagian atas usus halus yaitu duodenum. Kalsium membutuhkan PH 6 agar dapat berada dalam keadaan terlarut. Absorpsi kalsium terutama dilakukan secara aktif dengan menggunakan alat angkut protein pengikat kalsium. Absorpsi pasif terjadi pada permukaan saluran cerna. Kalsium hanya bisa diabsorpsi bila terdapat dalam bentuk larut air dan tidak mengendap karena unsur makanan lain seperti oksalat. Kalsium yang tidak absorpsi dikeluarkan melalui peses.

Jumlah kalsium yang diekskresi melalui urin mencerminkan jumlah kalsium yang absorpsi. Kehilangan kalsium melalui urin meningkat pada asidosis dan pada konsumsi fosfor tinggi. Kehilangan kalsium bisa terjadi melalui sekresi cairan yang masuk ke dalam saluran cerna dan melalui keringat

a. Faktor Yang meningkatkan absorpsi kalsium

Semakin tinggi kebutuhan dan semakin rendah persediaan kalsium dalam tubuh semakin efisien absorpsi kalsium. Peningkatan kebutuhan terjadi pada pertumbuhan, kehamilan, menyusui, defisiensi kalsium dan tingkat aktifitas fisik yang meningkatkan densitas tulang. Jumlah kalsium yang dikonsumsi mempengaruhi absorpsi kalsium. Penyerapan akan meningkat bila kalsium yang dikonsumsi menurun.

Vitamin D dalam bentuk aktif 1,25 (OH)D₃ merangsang absorpsi kalsium melalui langkah-langkah kompleks. Vitamin D meningkatkan absorpsi pada mukosa usus dengan cara merangsang produksi protein pengikat kalsium.

b. Faktor yang menghambat absorpsi kalsium

Kekurangan vitamin D dalam bentuk aktif menghambat absorpsi kalsium. Asam oksalat yang terdapat pada bayam dan cacao membentuk garam kalsium oksalat yang tidak larut sehingga menghambat absorpsi kalsium. Asam phytat, ikatan yang mengandung fosfor yang terdapat di dalam sereal, membentuk kalsium fosfat tidak dapat larut sehingga tidak dapat di absorpsi. Serat menurunkan absorpsi kalsium karena serat menurunkan waktu transit makanan di dalam saluran cerna sehingga mengurangi kesempatan untuk di absorpsi. Stres mental atau fisik cenderung menurunkan absorpsi kalsium dan meningkatkan eksresi. Proses menua menurunkan efisiensi absorpsi kalsium, orang yang kurang gerak. Obat-obatan tertentu dapat berpengaruh terhadap ketersediaan kalsium meningkatkan eksresi menyebabkan densitas tulang Turun.

Sumber Kalsium

Sumber utama kalsium biasanya diperoleh dari susu, keju, ikan, daging, telur, kacang-kacangan, dan sayuran. Sesuai saran US Dietary Reference intake (US DRIs) 2002, kebutuhan kalsium harian pada usia anak sebesar 500 - 1.300

mg, sedangkan usia 19 - 50 tahun mencapai 1.000. Bagi usia di atas 50 tahun, asupan kalsium yang dibutuhkan lebih tinggi, sebanyak 1.200 mg. Namun, konsumsi kalsium masyarakat Indonesia saat ini baru mencapai 254 mg per hari. Serialia, kacang-kacangan dan hasil olahannya seperti tahu, tempe, dan sayuran hijau merupakan sumber kalsium yang baik juga, tetapi bahan makanan ini mengandung banyak zat yang menghambat penyerapan kalsium seperti serat, pitat dan oksalat. Susu nonfat merupakan sumber terbaik kalsium, karena ketersediaan biologiknya yang tinggi. (Walujo Soerjodibroto).

Tabel 1 : Contoh makanan yang mengandung kalsium:

Jenis makanan	Kandungan Kalsium (mg/100)
Susu kambing	98
Susu kerbau	216
Susu bubuk (full cream)	895
Susu bubuk skim	1.300
Keju	777
Kacang kedelai basah	196
Kacang kedelai kering	227
Kacang tanah	730
Tahu	124
Daun lamtoro	1.500
Daun kelor	440
Bayam merah	368
Teri segar	500

Rekomendasi Kecukupan Kalsium Manusia

Angka kecukupan rata-rata sehari untuk kalsium bagi orang Indonesia ditetapkan oleh Widya Karya Pangan dan Gizi (2004) :

Tabel.2 Angka Kecukupan Kalsium (mg/ hari) dari WNPG 1998, FNRI 2002
IOM 1997, FAO/WHO 2001 & WNPG 2004

Kelompok Umur	WNPG 1998	FNRI 2002	IOM 1997		FAO/WHO 2001	WNPG 2004
			AI	UL		
Bayi (bulan)						
0-6	300 (0-6)	200	210	-	300	200
7-11	400 (7-12)	400	270	-	400	400
Anak (tahun)						
1-3	500 (1-3)	500	500	2500	500	500
4-6	500 (4-6)	550	800 (4-8)	2500	600	500
7-9	500 (7-9)	700			700	600
Pria (tahun)						
10-12	700 (10-12)	1000	1300 (9-13)	2500	1300 (10-18)	1000
13-15		1000	1300 (14-18)	2500	1000 (19-65)	1000
16-18	700 (13-15)	1000 (16-18)	1000 (19-30)	2500	1300 (65+)	1000
19-29			1000 (31-50)	2500		800
30-49	700 (16-19)	750 (19-29)	1200 (50-70)	2500		800
50-64		750 (30-49)	1200 (>70)	2500		800
65+	500 (20-45)	750 (50-64)				800
	800 (45-59)	800 (65+)				
	500 (>=60)					
Wanita (tahun)						
10-12	700 (10-12)	1000	1300 (9-13)	2500	1300 (10-18)	1000
13-15		1000	1300 (14-18)	2500	1000 (19-50)	1000
16-18	700 (13-15)	1000 (16-18)	1000 (19-30)	2500	1300 (51-65)	1000
19-29			1000 (31-50)	2500	1300 (65+)	800
30-49	600 (16-19)	750 (19-29)	1200 (50-70)	2500		800
50-64		750 (30-49)	1200 (>70)	2500		800
	500 (20-45)	800 (50-64)				800
	600 (45-59)	800 (65+)				
	500 (>=60)					
Hamil						
Trisemester 1	+400	800	1300 (<18)	2500	1200 (tr 3)	+150
Trisemester 2		800	1000 (19-30)	2500		+150
Trisemester 3		800	1000 (31-50)	2500		+150

Keterangan :

WNPG : Widya Karya Nasional Pangan dan Gizi (Indonesia), FNRI : Food and Nutrition Research Institute (Filipina), IOM : Institute of Medicine (Amerika Serikat), FAO/WHO : Food Agriculture Organization/ World Health Organization.

AI : Adequate Intake, UL : Tolarable Upper Intake Level

1. Manfaat Kalsium dalam tubuh

Manfaat kalsium dalam tubuh diantaranya yaitu :

1. Mencegah pengeroposan & pengapuran tulang
2. Menormalkan tekanan darah dan mencegah penyakit jantung
3. Mengatasi keluhan saat haid dan menjelang menopause
4. Mengatasi kram, sakit pinggang, wasir, rematik
5. Meminimalkan penyusutan tulang selama hamil dan menyusui
6. Menurunkan kanker usus
7. Membantu mineralisasi gigi dan mencegah pendarahan akar gigi
8. Mengatasi kaki,tangan kering dan pecah-pecah
9. Memulihkan gairah seks yang menurun atau melemah
10. Mencegah dan pengobatan penyakit pada sistem syaraf .

Tulang

Tulang merupakan kerangka tubuh yang menyebabkan tubuh dapat berdiri tegak, Tempat melekatnya otot-otot sehingga memungkinkan jalannya pembuluh darah, tempat sumsum tulang dan syaraf yang melindungi jaringan lunak, juga tulang merupakan organ yang dibutuhkan manusia untuk mengangkat dan membawa barang-barang yang berat. Intinya tulang adalah organ yang kita butuhkan untuk melakukan aktifitas sehari-hari. Sehingga kita tidak dapat membayangkan bagaimana terganggunya kita bila ada kerusakan yang terjadi pada tulang kita. Dari keterangan di atas, ada 4 fungsi utama jaringan tulang :



Tulang Normal

Gambar 4. Tulang di lihat dari Mikroskop

Fungsi Jaringan Tulang

- a. *Fungsi mekanik*, sebagai penyokong tubuh dan tempat melekat jaringan otot untuk pergerakan. Otot merupakan alat gerak aktif, sedangkan tulang merupakan alat gerak pasif.

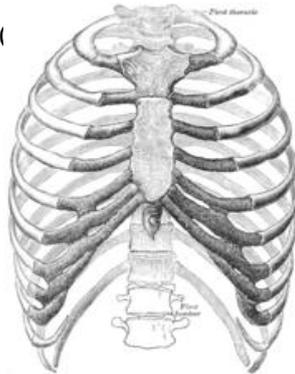
- b. *Fungsi Protektif*, Melindungi berbagai alat vital dalam tubuh dan juga sumsum tulang.
- c. *Fungsi Metabolik*, Sebagai cadangan dan tempat metabolisme berbagai mineral yang penting seperti kalsium dan fosfat.
- d. *Fungsi Hemopoetik*, berlangsungnya proses pembentukan dan perkembangan sel darah.

Anatomi Tulang

Secara anatomi, tulang terbagi dua :

1. Tulang Pipih (Tulang-tulang kepala, tulang rahang, dll)

Tulang pipih adalah tulang yang berfungsi untuk melekatkan otot, dan lengkungannya bertindak sebagai pelindung bagi kebanyakan organ lembut. Tulang ini berbentuk pipih, nipis atau melengkung. Contoh tulang pipih termasuk diantaranya tulang rusuk, skapula, sternum, pelvis dan tulang kranium (



(a)



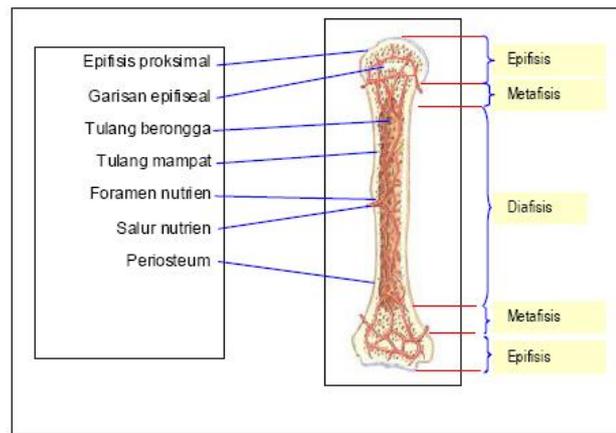
(b)

Gambar 5. Contoh Tulang Pipih (a). Tulang Rusuk, (b). Tulang Tengkorak
 Sumber : <http://www.bbc.co.uk> dan http://id.wikipedia.org/wiki/Tulang_rusuk

2. Tulang panjang (Tulang-tulang lengan, paha, punggung, dll)

Tulang-tulang dalam kumpulan ini secara umumnya lebih panjang, lebar dan berfungsi sebagai tuas. Kebanyakan dari tulang-tulang panjang adalah tulang-tulang mampat.

Contoh tulang panjang diantaranya adalah tulang pada tangan (humerus, radius, ulna, metakarpal dan falanges) dan kaki (femur, tibia, fibula, metatarsal, falangus) kecuali pergelangan tangan dan pergelangan kaki.



Sumber: Martini, F.H. (2001), Fundamentals of Anatomy and Physiology, 6th ed. Prentice Hall

Gambar 6. Struktur Tulang Panjang

Sumber : Martini, F.H, Fundamentals of Anatomy and Physiology

Bagian luar tulang (bagian yang keras) disebut tulang kortikal, dimana bagian ini sudah mengalami kalsifikasi sehingga terlihat sangat kokoh, kompak dan kuat. Sedangkan bagian dalam yang berpori dan berongga disebut tulang trabekular, bagian ini belum terkalsifikasi sempurna, sehingga bersifat porous atau berpori.

Komposisi Tulang

Tulang terdiri dari 2 bahan yaitu : Matrik yang kaya mineral (70%) = Bone (Tulang yang sudah matang) dan bahan-bahan organik (30%) yang terdiri dari:

a. Sel (2%) :

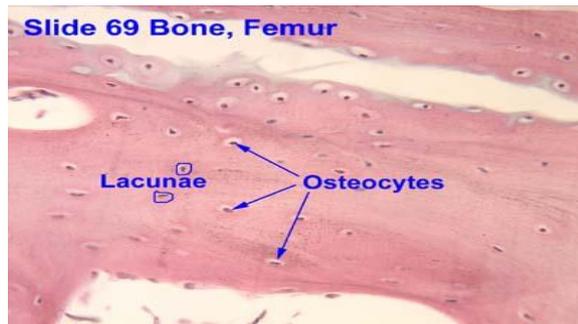
1) *Sel Osteoblast* : yang membuat matrik (bahan) tulang / sel pembentuk tulang



Gambar 7. Sel Osteoblast

Sumber : w3.uokhsc.edu/histology/Glass%20slides/69_03.jpg

2) *Sel Osteocyte* : mempertahankan matrik tulang



Gambar 8. Sel Osteocyte

Sumber : w3.uokhsc.edu/histology/Glass%20slides/69_04.jpg

- 3) *Sel Osteoclast* : yang menyerap osteoid (95%) (resorpsi) bahan tulang (matrik) / sel yang menyerap tulang.



Gambar 9. Sel Osteoclast

Sumber : w3.uokhsc.edu/histology/Glass%20slides/69_05.jpg

- b. *Osteoid* (98%) : Matrik (bahan) tulang yang mengandung sedikit mineral (osteoid=tulang muda)



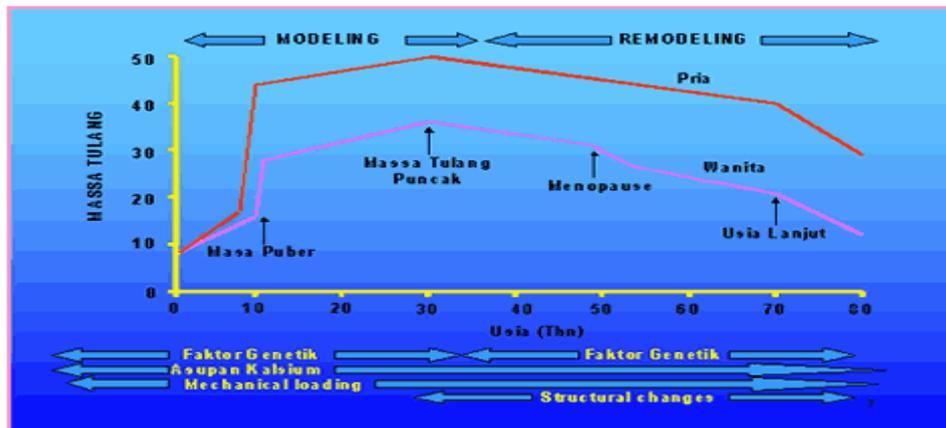
Gambar 10. Sel Osteoid

Sumber : w3.uokhsc.edu/histology/Glass%20slides/69_03.jpg

Pembentukan atau Pertumbuhan Tulang

Pembentukan tulang manusia dimulai pada saat masih janin dan umumnya akan bertumbuh dan berkembang terus sampai umur 30 sampai 35 tahun. Berikut adalah gambaran pembentukan tulang.

Dari grafik massa tulang mulai bertumbuh sejak usia nol. Sampai usia 30 atau 35 tahun (tergantung individual) pertumbuhan tulang berhenti, dan tercapai puncak massa tulang. Puncak massa tulang belum tentu bagus, tapi diumur itulah tercapai puncak massa tulang manusia. Bila dari awal proses pertumbuhan, asupan kalsium selalu terjaga, maka tercapailah puncak massa tulang yang maksimal, tapi bila dari awal pertumbuhan tidak terjaga asupan kalsium serta gizi yang seimbang, maka puncak massa tulang tidak maksimal.



Gambar 11. Proses Pertumbuhan Masa Tulang

Sumber : www.medicastore.com/alovell/isi.php?isi=tulang

Pada usia 0 – 30/35 tahun, disebut modeling tulang karena pada masa ini tercipta atau terbentuk MODEL tulang seseorang. Sehingga lain orang, lain pula bentuk tulangnya. Pada usia 30 – 35 tahun, pertumbuhan tulang sudah selesai, disebut remodeling dimana modeling sudah selesai tinggal proses pergantian tulang yang sudah tua diganti dengan tulang yang baru yang masih muda. Secara alami setelah pembentukan tulang selesai, maka akan terjadi penurunan massa tulang. Massa tulang dipertahankan untuk mencegah penurunan massa tulang, dimana penurunan massa tulang ini akan mengakibatkan berkurangnya kepadatan tulang, dan tulang akan mengalami osteoporosis.

Menurut Piliang (2006) proses pertumbuhan tulang atau pembentukan

tulang ada dua proses yaitu osifikasi endokondral (*endochondral ossification*) dan osifikasi membran (*Membranous ossification*). Osifikasi endokondral terjadi setelah terbentuknya piringan epifise yang masih dalam keadaan tulang rawan (*cartilaginous epiphyseal plates*). Pembentukan tulang macam pertama ini ditandai dengan pertumbuhan tulang rawan dan proses multiplikasi dan degenerasi di dalam piringan epifisanya. Proses ini diringi pula dengan pembentukan pembuluh-pembuluh darah dan pembentukan jaringan trabekula – trabekula. Dengan kata lain osifikasi endokondral adalah suatu proses integrasi seluler.

Pembentukan tipe yang kedua adalah osifikasi membrane, merupakan suatu proses pembentukan tulang baru di atas permukaan atau korteks yang telah terbentuk terlebih dahulu.

Kalsium dan Penyakit Ricketsia

1. Definisi Ricketsia

Ricketsia adalah penyakit yang disertai dengan lemahnya mineralisasi dari pertumbuhan tulang. Tidak hanya terjadi dari kekurangan vitamin D tetapi juga karena kekurangan kalsium dan fosfor (Mahan 2000). Sedangkan menurut Almatier Ricketsia adalah kekurangan vitamin D pada anak-anak, terjadi bila pengerasan tulang pada anak-anak terhambat sehingga menjadi lembek.

Definisi Ricketsia (*Rickets*) menurut Wikipedia adalah proses melembeknya tulang pada anak, berpotensi untuk terjadinya patah tulang dan perubahan bentuk tulang. Ricketsia banyak terjadi pada anak-anak di negara yang sedang berkembang.



Gambar 12 : Keluarga yang Mengalami Ricketsia
Sumber : http://www.thachers.org/rickets_photos.htm

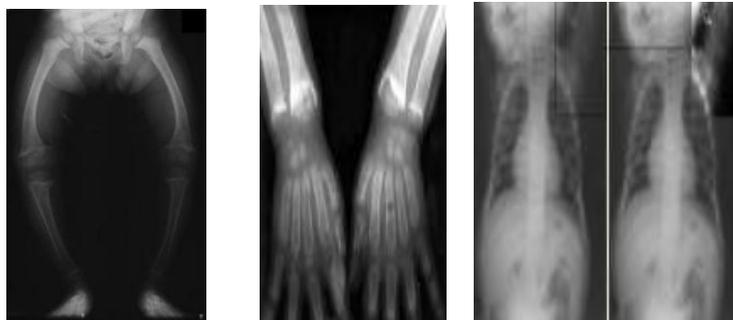
2. Penyebab Ricketsia

Penyebab utama dari penyakit ricketsia adalah kekurangan vitamin D, dan juga ketidakcukupan kalsium pada makanan juga akan menyebabkan terjadinya ricketsia. Walaupun penyakit ini dapat terjadi pada orang dewasa, kasus kebanyakan terjadi pada anak-anak yang kelaparan dan menderita gizi yang buruk, biasanya sebagai hasil dari kelaparan atau kelaparan selama tahap awal dari masa kanak-kanak.

3. Gejala terjadinya Ricketsia

Ricketsia terjadi dengan adanya tanda-tanda kaki membengkok, pembesaran kepala karena penutupan fontanel terlambat, gigi terlambat keluar bentuk gigi tidak teratur dan mudah rusak. Adapun gejala yang sering terjadi pada penderita ricketsia adalah :

- a. Nyeri yang terjadi pada tulang.
- b. Peningkatan tendensi retak tulang (tulang mudah retak), terutama pada *Green stick*.
- c. Perubahan rangka tulang :
 - pada anak kecil yang baru bisa berjalan biasanya akan membungkung (*Genu varus*)
 - Anak-anak yang lebih tua : apabila di ketuk maka lutu akan brbunyi (*Genu valgus*)
 - Kelainan bentuk pada tengkorak, tulang belakang, dan panggul
 - Gangguan pertumbuhan
 - Jumlah kalsium dalam darah rendah (*Hypocalcaemia*)
 - Kekejangan pada otot diseluruh tubuh yang tak terkendalikan (*Tetany*)



Gambar 13. Radiograph Penderita Ricketsia

Sumber : <http://en.wikipedia.org/wiki/Rickets>, www.e-radiography.net

4. Hubungan kalsium Dengan Penyakit Ricketsia

Ricketsia merupakan penyakit tulang yang disebabkan oleh kekurangan vitamin D dan kalsium. Vitamin D diperlukan untuk penyerapan kalsium pada usus. Ketiadaan vitamin D dan penyerapan kalsium dari makanan yang tidak baik, menyebabkan *hypocalcemia* yaitu suatu keadaan dimana kalsium dalam darah jumlahnya sedikit, keadaan ini mendorong terjadinya kelainan bentuk pada kerangka dan otot saraf gigi.

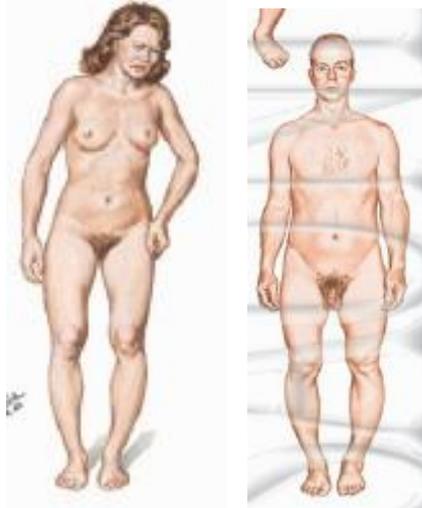
Menurut John M Pettifor dalam American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 80, No. 6, 1725S-1729S, December 2004 menyebutkan bahwa asupan makanan rendah kalsium merupakan salah satu penyebab terjadinya ricketsia pada anak-anak di India. Penelitian yang dilakukan oleh Walker memberikan hasil, bahwa asupan kalsium rendah dapat mempercepat berkembangnya penyakit Ricketsia.

5. Pengobatan Ricketsia

Pengobatan Ricketsia dapat dilakukan dengan cara memberikan anak-anak makanan yang banyak mengandung kalsium dan vitamin D seperti pada minyak hati ikan, minyak hati ikan cod yang mengandung vitamin D sebanyak 9 µg (360 IU) / 4 ml.

Kalsium dan Penyakit *Osteomalacia*

Gangguan pembentukan tulang sehingga tulang lembek dan melunak. Orang yang terkena biasanya mempunyai ciri-ciri kaki bengkok, tulang punggung memendek dan tulang pinggul pipih. Gangguan ini disebabkan oleh kurangnya asupan kalsium dan vit.D3 serta kurangnya berjemur di sinar matahari. Sedangkan menurut Almatsier (2003) Osteomalacia adalah Ricketsia pada orang dewasa, biasanya terjadi pada wanita yang konsumsi kalsiumnya rendah, tidak banyak mendapat sinar matahari dan mengalami bayak kehamilan dan menyusui.



Gambar 14. Penderita Osteomalacia

Sumber : <http://www.netterimages.com/image/1131.htm>

6. *Penyebab* dan Faktor Resiko Osteomalacia

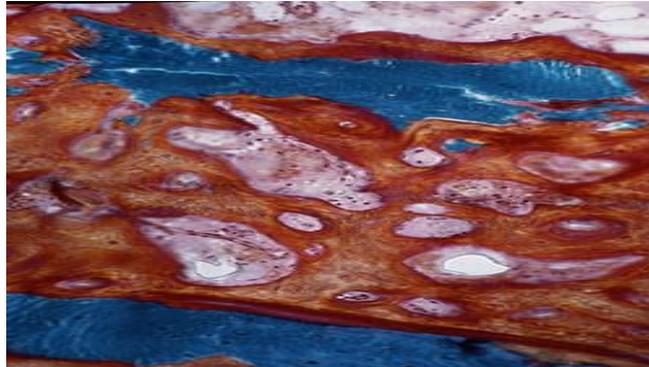
Ada banyak penyebab osteomalasia. pada anak-anak, kondisi itu disebut penyakit rakitis (*Rickets*) dan biasanya disebabkan kekurangan vitamin D. Kondisi lain yang mengakibatkan osteomalasia adalah intake diet vitamin D yang kurang, kurang terkena sinar matahari (ultra Violet), yang membentuk vitamin D di dalam tubuh, dan malabsorpsi vitamin D oleh usus. Kondisi lain termasuk faktor keturunan atau kerusakan metabolisme vitamin D, kegagalan ginjal dan asidosis, dan efek samping pengobatan. Asupan kalsium yang kurang dan asupan vitamin D yang kurang juga menjadi salah satu penyebab osteomalacia (Marie et al, 1982).

Faktor resiko dihubungkan dengan penyebab-penyebab. Di masa lanjut usia, ada peningkatan faktor resiko bagi mereka yang cenderung tinggal di dalam rumah dan yang menghindari susu oleh karena *lactose intolerance*.

7. Gejala Osteomalacia

- a. Nyeri tulang baur, terutama pada tulang paha
- b. Kelemahan otot
- c. Gejala-gejala berhubungan dengan zat kapur yang rendah
- d. Mati rasa di sekitar mulut
- e. Mati rasa pada *extremities*
- f. kejang-kejang pada tangan atau kaki

Setelah gejala awal terjadi akan diikuti dengan adanya pembengkokan pada tulang (bentuk O atau X) dan dapat menyebabkan Fraktur (patah).



Gambar 15. Tulang yang Lunak dilihat Menggunakan Mikroskop
Sumber : <http://courses.washington.edu/bonephys/hypercalU/opmal2.html>

8. Hubungan Kalsium dan Penyakit Osteomalacia

Dalam <http://courses.washington.edu/bonephys/hypercalU/opmal2.html>, Osteomalacia adalah penyakit yang menyebabkan pelunakan pada tulang. Osteoid adalah matrik protein tulang yang berisi satu macam kolagen. Ketika terjadi kekurangan mineral atau kerusakan osteoblast, osteoid tidak akan dapat menghimpun dan melakukan proses mineralisasi dengan baik. Salah satu jenis mineral makro penyebab terjadinya Osteomalacia adalah kalsium. Pengendalian kalsium di dalam darah juga di bantu oleh vitamin D, sehingga penyakit Osteomalacia juga disebabkan oleh kekurangan vitamin D.

9. Pengobatan dan pencegahan Osteomalacia

Pemberian suplemen vitamin D, Kalsium dan Fosfor diberikan tergantung pada dasar kerusakan yang terjadi. Dosis yang lebih tinggi di kombinasikan dengan terekspose sinar matahari.

Asupan makanan yang tinggi dari produk yang difortifikasi dengan vitamin D dan terkena sinar matahari dapat mencegah osteomalacia yang disebabkan karena defisiensi vitamin D pada orang dewasa.

Kalsium dan Penyakit *Osteoarthritis*

Osteoarthritis adalah suatu jenis dari radang sendi yang disebabkan oleh gangguan dan akhirnya hilangnya tulang rawan dari satu atau lebih sendi. Tulang rawan adalah suatu unsur pokok protein yang bertindak sebagai "bantalan" antara

tulang-tulang dari sendi. Osteoarthritis juga dikenal sebagai radang sendi yang merosot/mundur.

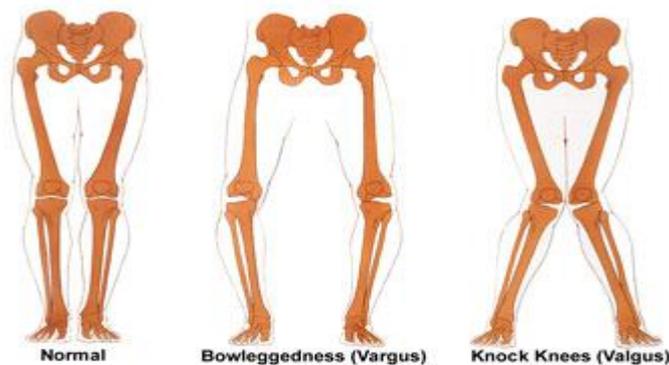
Di antara lebih dari 100 jenis kondisi-kondisi radang sendi yang berbeda, osteoarthritis adalah yang paling umum, mempengaruhi lebih 20 juta orang di dalam Amerika Serikat. Osteoarthritis terjadi lebih sering sejalan dengan usia. Sebelum usia 45 tahun, osteoarthritis terjadi lebih sering terjadi pada pria-pria. Setelah usia 55 tahun, itu terjadi lebih sering pada wanita.



Gambar 16. Penipisan Tulang Rawan

Sumber : <http://www.zimmer.co>.

Osteoarthritis biasanya mempengaruhi tangan, kaki, tulang belakang, persendian tulang paha dan lutut. Kebanyakan masalah dari osteoarthritis tidak mengetahui atau mengenali penyebab utama dari osteoarthritis. Ketika penyebab osteoarthritis itu diketahui, biasanya sudah dalam keadaan osteoarthritis sekunder.



Gambar 17. Perubahan Bentuk Kaki akibat Penipisan Tulang Rawan

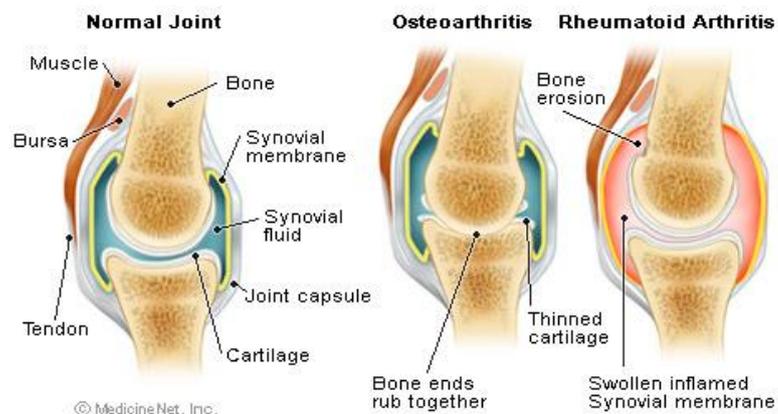
Sumber : <http://www.zimmer.co>.

Penyebab Osteoarthritis

Osteoarthritis kebanyakan dihubungkan dengan penuaan. Dengan penuaan, kadar air dari tulang rawan meningkat dan protein dari tulang rawan merosot. Penggunaan berulang dari sendi dari tahun ke tahun mengganggu tulang rawan,

menyebabkan nyeri dan bengkak. Pada akhirnya, tulang rawan mulai merosot dengan pengelupasan atau membentuk celah gleser kecil. Di dalam kasus-kasus yang lebih parah, akan terjadi kehilangan total bantal tulang rawan antara tulang-tulang dari sendi. Hilangnya bantalan tulang rawan menyebabkan pergeseran antara tulang-tulang, mendorong ke arah nyeri dan pembatasan mobilitas sendi. Peradangan tulang rawan dapat juga merangsang pertumbuhan tulang baru untuk membentuk di sekitar sendi. Osteoarthritis dapat ditemukan pada para anggota yang ganda dari keluarga yang sama, dengan kata lain osteoarthritis dapat terjadi karena factor keturunan.

Selain karena faktor penuaan, kerusakan tulang rawan bisa juga disebabkan faktor lain. Seperti trauma, gangguan hormon atau 'pemakaian tulang' yang berlebihan. "Osteoarthritis banyak menimpa perempuan, meski ditemukan juga beberapa kasus pada laki-laki, terjadi pada banyak perempuan karena berhubungan dengan menopause. Pada periode ini, hormon estrogen tidak berfungsi lagi, sementara salah satu fungsi hormon ini adalah untuk menjaga massa tulang.



Normal and Arthritic Joints

Gambar 18. Sambungan Normal dan Sambungan yang Mengalami Osteoarthritis

Sumber : <http://www.medicinenet.com/osteoarthritis/article.htm>

Osteoarthritis sekunder di sebabkan oleh penyakit atau kondisi yang lain. Kondisi yang dapat membawa pada osteoarthritis sekunder termasuk kegemukan, trauma yang berulang-ulang atau pembedahan pada struktur sambungan, ketidaknormalan sambungan pada saat lahir (Congenital abnormalities), Gout, diabetes dan kerusakan hormone lainnya. Kegemukan menyebabkan osteoarthritis

dengan meningkatnya stress mekanik pada tulang rawan. Fatnya lebih pada penuaan, kegemukan merupakan factor resiko yang paling kuat untuk osteoarthritis pada lutut. Simpanan Kristal di dalam tulang rawan itu dapat menyebabkan kemerosotan tulang rawan, dan osteoarthritis. Kristal-kristal asam urat menyebabkan radang sendi di dalam encok, sementara kristal-kristal *pyrophosphate calsium* menyebabkan radang sendi di pseudogout.

Gejala Osteoarthritis

Osteoarthritis adalah suatu penyakit dari sendi. Tidak seperti banyak yang lainnya wujud dari radang sendi yang bersifat macam-macam penyakit sistemik, seperti radang sendi rheumatoid dan lupus sistemik (systemic lupus), osteoarthritis tidak mempengaruhi organ lain dari tubuh. Gejala yang paling umum dari osteoarthritis adalah nyeri pada sendi setelah penggunaan yang berulang. Nyeri sambungan biasanya lebih buruk pada masa yang akan datang. Dapat berakibat bengkak, kehangatan/keramahan (warmth), dan keretakan sendi. Nyeri dan kekakuan dari sendi itu dapat juga terjadi setelah periode lama dari ketidakaktifan/kemalasan, sebagai contoh, duduk di suatu teater. Osteoarthritis yang parah kehilangan dari bantalan tulang rawan menyebabkan pergeseran antara tulang-tulang dan akan menyebabkan nyeri pada posisi diam atau nyeri pada gerakan-gerakan tertentu.

Pengobatan Untuk Osteoarthritis

Pengobatan atau treatment yang dapat dilakukan untuk penderita osteoarthritis diantaranya dengan mengurangi berat badan dan menghindari aktiitas yang akan mengakibatkan stress berlebihan pada sambungan tulang rawan. Tujuan dari pengobatan ini adalah mengurangi rasa sakit dan peradangan juga meningkatkan dan memperbaiki fungsi sambungan. Beberapa penderita tidak merasakan atau sedikit merasakan nyeri. Cara lain yang dilakukan adalah dengan istirahat, olahraga dan pengurangan berat badan, terapi fisik dengan alat-alat yang mendukung. Upaya lain dalam pengobatan adalah dengan suntik sendi.

Hubungan Kalsium dengan Osteoarthritis

Kalsium merupakan mineral makro yang sangat dibutuhkan oleh tubuh yang banyak terdapat pada tulang dan gigi. Kalsium sangat bermanfaat bagi pertumbuhan tulang dan gigi. Asupan kalsium yang memadai pada masa pertumbuhan tulang akan menyebabkan tulang mencapai massa tulang yang maksimal, tetapi bila pada awal pertumbuhan tidak terjaga asupan kalsium serta gizi yang seimbang, maka puncak massa tulang tidak akan maksimal.

Pada usia 0 – 30/35 tahun, disebut modeling tulang karena pada masa ini tercipta atau terbentuk MODEL tulang seseorang. Sehingga lain orang, lain pula bentuk tulangnya. Pada usia 30 – 35 tahun, pertumbuhan tulang sudah selesai, disebut remodeling dimana modeling sudah selesai tinggal proses pergantian tulang yang sudah tua diganti dengan tulang yang baru yang masih muda.

Secara alami setelah pembentukan tulang selesai, maka akan terjadi penurunan massa tulang. Osteoarthritis adalah suatu penyakit degeneratif yang mempunyai istilah lain pengapuran sendi, salah satu proses penyebabnya adalah *aging process* yang biasa terjadi pada kelompok Umur 40 tahun ke atas dimana pada umur ini sudah tidak terjadi lagi proses modeling. Yang ada hanyalah proses remodeling. Menurut Isbagio, (2007) Osteoarthritis atau pengapuran sendi tidak mempunyai hubungan dengan kalsium, pengapuran sendi lebih tepat diistilahkan dengan proses karatan, berbeda halnya dengan osteoporosis yaitu pengeroposan tulang

Kesimpulan

Kalsium merupakan unsur penting untuk kekuatan tulang dan gigi dan terdapat banyak pada sayuran berdaun hijau atau kacang-kacangan. Mengonsumsi vitamin D juga akan sangat membantu dalam penyerapan kalsium. Sedangkan untuk pemenuhan vitamin dan mineral, sangat mudah untuk dipenuhi oleh makanan yang berasal dari sayuran dan buah-buahan.

Fungsi kalsium diantaranya yaitu : Pembentukan Tulang, Pembentukan gigi, Mengatur pembekuan darah, Katalisator Reaksi-reaksi biologik dan Kontraksi Otot. Absorpsi kalsium terutama terjadi di bagian atas usus halus yaitu duodenum . Kalsium membutuhkan PH 6 agar dapat berada dalam keadaan terlarut. Absorpsi kalsium terutama dilakukan secara aktif dengan menggunakan

alat angkut protein pengikat kalsium. Absorpsi pasif terjadi pada permukaan saluran cerna. Kalsium hanya bisa diabsorpsi bila terdapat dalam bentuk larut air dan tidak mengendap karena unsur makanan lain seperti oksalat. Kalsium yang tidak absorpsi dikeluarkan melalui peses.

Beberapa penyakit yang disebabkan oleh kalsium diantaranya yaitu :

- a. Ricketsia adalah penyakit yang disertai dengan lemahnya mineralisasi dari pertumbuhan tulang. Tidak hanya terjadi dari kekurangan vitamin D tetapi juga karena kekurangan kalsium dan fosfor (Mahan 2000). Sedangkan menurut Almatier Ricketsia adalah kekurangan vitamin D pada anak-anak, terjadi bila pengerasan tulang pada anak-anak terhambat sehingga menjadi lembek.
- b. Osteomalacia adalah gangguan pembentukan tulang sehingga tulang lembek dan melunak. Orang yang terkena biasanya mempunyai ciri-ciri kaki bengkok, tulang punggung memendek dan tulang pinggul pipih. Gangguan ini disebabkan oleh kurangnya asupan kalsium dan vitamin D3 serta kurangnya berjemur di sinar matahari.
- c. Osteoarthritis adalah suatu jenis dari radang sendi yang disebabkan oleh gangguan dan akhirnya hilangnya tulang rawan dari satu atau lebih sendi. Tulang rawan adalah suatu unsur pokok protein yang bertindak sebagai "bantalan" antara tulang-tulang dari sendi. Osteoarthritis juga dikenal sebagai radang sendi yang merosot/mundur.
- d. Agar terhindar dari penyakit-penyakit tersebut, hendaknya setiap orang mengonsumsi makanan sumber kalsium sesuai dengan angka kecukupan gizi yang dianjurkan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. R. P. Walker (1995). *Does a Low Intake of Calcium Cause or Promote the Development of Rickets*. American Journal of Clinical Nutrition, Vol 3, 114-120, Copyright © 1955
- Almatsier, Sunita (2003). *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta.Gramedia Pustaka Utama
- Isbagio, Harry (2007). *Pengapuran Sendi Tidak ada Hubungannya Denga Zat kapur (Kalsium)*. <http://bagusalfa.blogspot.com>
- John M Pettifor (2004). *Nutritional rickets: deficiency of vitamin D, calcium, or both?* American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 80, No. 6, 1725S-1729S, December 2004
- Mahan,L.Kathleen & Stump (2000) *Food, Nutrition and Diet Therapy*. Pennsylvania. Saunders
- William C. Shiel. *Osteoarthritis*.
<http://www.medicinenet.com/osteoarthritis/article.htm>
- <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/000376.htm>
- <http://www.calciuminfo.com/>
- <http://www.medicinenet.com/osteoarthritis/article.htm>
- <http://www.zimmer.co>
- <http://courses.washington.edu/bonephys/hypercalU/opmal2.html>
- <http://www.netterimages.com/image/1131.htm>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Rickets>
- <http://www.e-radiography.net>
- http://www.thachers.org/rickets_photos.htm
- [http:// w3.uokhsc.edu/histology/Glass%20slides/69_04.jpg](http://w3.uokhsc.edu/histology/Glass%20slides/69_04.jpg)

